

文章编号:1004-8227(2001)02-0172-07

# 太湖生态修复治理工程\*

陈荷生

(水利部太湖流域水资源保护局,上海 200424)  
国家环保局

**摘要:**太湖是我国第三大淡水湖泊,也是流域的重要水体。近年来,随着人口的增长,经济高速发展,人为社会经济活动影响,水资源系统受到很大冲击,水质变劣,湖体营养过程加剧,生态环境受到明显损害,制约了流域社会经济的可持续发展。要实现流域水资源的可持续利用,必须加快水污染综合治理。除陆域实施严格的达标治理、河网水质调控,农业面源及生活污水治理外,太湖湖体生态修复和富营养化治理已为当务之急。目前应尽早实施:太湖重污染区底泥的生态疏浚,减少底泥释放二次污染。利用浮床陆生植物治理太湖典型富营养化水域,利用生物吸收、降解,继而富集营养盐,净化水质。建立环湖湿地保护带。恢复和重建湖滨带水生植被,实现长效生态管理和调控。生态渔业工程,有效控制过度养殖,恢复湖泊生态良性循环。藻类采集和资源化再利用。强化流域。

**关键词:**太湖;生态修复工程;可持续发展

**文献标识码:**A

太湖流域位于长江三角洲南缘,流域独特的地理位置,良好的生态环境和丰富的自然资源,为本地区经济发展提供了优越的条件,2 338 km<sup>2</sup>的太湖流域的主要水体,具有向城市和工农业供水,发展渔业、航运、旅游等功能,也是流域水生态系统的主体基础,保障了长江三角洲地区社会经济发展的水资源。太湖水体质量状况直接关系到以上海为龙头的长江三角洲和长江经济带发展战略目标的实现。保护和改善太湖水质,治理富营养化,实施太湖生态修复是当今全流经济发展的关键和全社会关注的焦点之一。

## 1 流域水污染严重,太湖富营养程度加重

由于流域内经济的高速发展和湖泊资源的开发利用,而水污染防治相对滞后,目前以有机污染为特征的水污染日趋严重,突出反映为河网水质污染和太湖富营养化程度加剧。据历年监测资料分析,上海市污染河道占河长的 87%~92%,江苏省占 80%~87%,浙江省占 72%~79%。一般来讲,汛期劣于非汛期,这主要是由于降雨径流将面或储积于河中污染物淋洗冲刷入河道所致。据今年 5 月监测结果(表 1),共 82 个监测断面(点)中,87%受到不同程度污染,其中 Ⅲ类占 37%,Ⅳ类占 12%,劣于Ⅳ类占 38%。环太湖出入湖河流 92%受到污染,特别是湖西北部入湖河道基本为Ⅲ类或劣于Ⅲ类。

\* 收稿日期:2000-07-28  
作者简介:陈荷生(1941~),男,教授级高级工程师。

表 1 太湖流域省界水体水质状况(5月)

Tab. 1 Water Quality of Boundary Water Body in Taihu Basin

监测范围	测点数	污染程度				超标项目
		(%)	(%)	(%)	(%)	
省界河流	20	85	15	20	50	COD <sub>mn</sub> , BOD <sub>5</sub> 非离子氨
环太湖河流	35	92	26	17	49	TP, COD <sub>mn</sub> , BOD <sub>5</sub> 非离子氨
太湖	24	79	63		16	TP, COD <sub>mn</sub> , BOD <sub>5</sub>
淀山湖	3	100				COD <sub>mn</sub> , BOD <sub>5</sub> , TP
小计	82	87	37	12	38	

太湖 24 个监测点, 79 % 受到不同程度污染, 其中 Ⅲ 类占 63 %, 劣于 Ⅲ 类占 16 %。淀山湖水质均为 Ⅲ 类。湖泊的富营养状况是: 太湖 8 % 为中 ~ 富营养水平, 92 % 为富营养化。淀山湖已全部富营养化。太湖 N P 为 20 : 1, 淀山湖 N P 为 24 : 1 (表 2)。太湖流域水质污染形势严峻, 加强治理刻不容缓。

表 2 流域湖泊水质状况(5月)

Tab. 2 Water Quality of Lakes in Taihu Basin

湖 名	TN(mg/L)	TP(mg/L)	Chla(mg/L)
太湖	2.46	0.125	27.96
淀山湖	2.84	0.119	10.57

## 2 太湖治理任重道远

太湖治理已被列为国家 21 世纪绿色工程。国务院提出太湖流域水污染治理的方针是: 目标高于淮河流域, 要求严于淮河流域, 力度大于淮河流域。1998 年 1 月正式批准“太湖水污染防治‘九五’计划及 2010 年规划”。“计划及规划”明确太湖地区水污染防治和治理是一个复杂的生态工程, 太湖水污染综合治理分三步实施: 第一步太湖地区 1998 年废水达标行动, 要求 1998 年底前工业污染源实现达标排放。第二步 2000 年太湖水体变清行动计划。第三步 2010 年太湖中营养达标计划。在国务院各部委和二省一市的共同努力下, 1998 年治污已基本实现。第二阶段治理工作正在实施之中。由于太湖地区水污染源复杂, 问题由来已久, 虽然尽了努力, 但从水质和景观看无明显改善, 太湖流域水污染治理和水资源保护任重道远。

## 3 太湖生态修复治理工作的基本认识

### 3.1 从生态动力学观点充分认识太湖浅水性湖泊的个性

太湖位于流域中部, 呈相对封闭的生态系统, 水交换缓慢, 换水周期为 308 d, 周围河流入湖容易, 出流通道少, 湖面宽阔, 水面积为 2 338 km<sup>2</sup>, 容积 44 亿 m<sup>3</sup>, 内部生态系统处于较为稳定的动态平衡状况, 虽然陆域的水、污染物的输入和输出发生变化, 但由于湖体较大的环境容量和生态的自稳性作用, 其内部生态结构在一定范围内仍具有很强的缓冲性, 因此短期内外界的人为干预, 或称外界物质流和能量流的输入, 对于太湖这样的湖体作用是有限的, 内部水生生态系统在一定时间一定范围内起到支配作用。

### 3.2 太湖环境容量大, 生态修复工程是长期性的

太湖有一定的环境容量, 水生动植物、风浪掺氧等等因子, 对外界污染的缓冲作用是很强

的。也就是说湖体水环境变化有明显的滞后性,有量变到质变的演化过程。自 70 年代末以来的人为负面作用,湖体水环境容量耗损严重,生态系统已发生明显变化,恢复将是困难的,需经历漫长的生态系统修复过程,需作长期不懈的努力和投入。据国外报道,一个封闭水域受污染损害 1 年,要修复到无污染时或少污染时的状态,通常需 3~5 倍的修复期。太湖水质要恢复到 70 年代末水准,至少得需 50~80 年的不懈努力。

### 3.3 太湖生态修复的流域性

太湖严格来讲是省界水体,流域水资源生态系统是一完整的、自成体系的流域内物质及能量流运动的基础,各种形式的水通过河道(运河)、湖泊(水库)、渠网、地下水含水层以及各种水利设施形成一复杂的水资源生态系统。太湖是流域的重要水体,水交换的中枢,因此必须从流域的层面上来构思太湖的生态修复工程。

### 3.4 坚持控源(污染源)和湖泊生态修复相结合;治理措施和管理措施相结合;点源治理和面源(内源)治理相结合

目前太湖工业污染源得到了一定的强化治理,但其它措施未能及时匹配,水质改善一下难以奏效。特别对太湖,因为富营养化治理通常是高强度的消减营养负荷,太湖即使在彻底控制了外营养源的情况下,太湖底泥和生物营养库中营养物质的不断释放,湖水营养水平下降仍很缓慢,实现生态恢复需很长时间。

### 3.5 太湖生态修复工程必须实行公众参与

水资源是人类和社会经济发展的生命之源。太湖流域孕育了举世闻名的江南水文化。水污染治理和水资源保护必须通过更活跃的社会活动将广大居民、企事业单位、社会团体、政府管理单位参与到这一工作中。采用观念性参与、组织性参与、法规性参与、政策性参与和实施性参与等方式,形成全民共识,让水资源保护思想深深扎根于群众。随着水事业的发展,必要时可以发展较为固定的社会业务性组织,象国外的水董事会(Water Board)的形式,同时吸取借鉴国外水资源保护和水管理经验。

## 4 太湖生态修复治理工程

### 4.1 太湖底泥生态疏浚

湖泊底泥是太湖水生态系统的重要组成部分,是湖泊营养物质循环的中心环节,也是水土界面物质(物理的、化学的、生物的)积极交换带。太湖底泥中富含的营养物是湖体的内污染源,是造成太湖水体富营养化和藻类爆发的营养盐来源之一。据太湖水污染防治规划资料,底泥释放 TN 占总污染量的 18.5%,TP 占 29.4%,即使将外部入湖污染全部控制,仅湖内底泥释放和动力作用下的再悬浮、溶出也将引起藻类的发生。

**4.1.1 太湖底泥的蓄积量和分布** 据我局最近对太湖底泥的调查,以  $>0.1$  m 厚度的底泥面积计,全湖底泥分布面积为  $1\ 633\ \text{km}^2$ ,为全湖的 70%,底泥总蓄积量为 19.15 亿  $\text{m}^3$ (图 1)。底泥是湖体各类营养物质的载体,底泥中 TN 含量为 0.022%~0.450%,平均 0.094%;TP 含量 0.039%~0.237%;均值 0.058%;底泥中有机质含量为 0.31%~9.04%,平均为 1.70%。从不同测点营养盐垂直分布变化看,有几种较为典型的类型,但从总体上看,表层 0~30 cm 营养盐含量较高,表聚性明显。

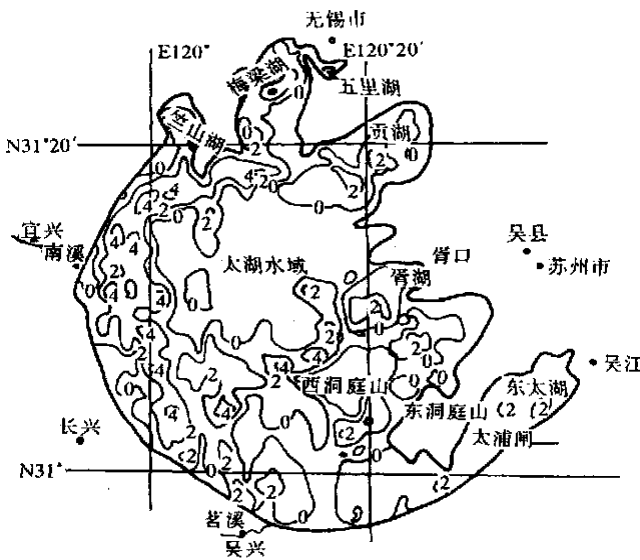


图 1 太湖底泥等厚线概图(m)

Fig. 1 Contour Map of Sludge in Tai Lake

**4.1.2 太湖底泥的生态疏浚** 一般工程疏浚为物理工程,以取走泥沙为目的,而太湖生态疏浚目的在于清除含高营养盐的表层沉积物质包括沉积在淤泥表层的悬浮、半悬浮状、由营养物形成的絮状胶体,或休眠状活体藻类及动植物残骸体等,属生态环境工程范畴。

**4.1.3 湖体底泥疏浚是治标之计** 它适宜在进入湖体的污染物初步得到有效控制,或为应急缓解重要城市取水口水质问题时实施,是重要的治理措施之一。主要是对大中型城市供水水源地、重要旅游区和特殊水域保护区的水质保障有重要意义。对太湖只能有目的、重点的局部疏浚,如梅梁湖、五里湖等。

**4.1.4 生态疏浚技术路线和方法** 依据对太湖底泥营养盐分布特征,疏浚深度以 50 cm 为好。疏浚时务必采用特殊技术和装置,密闭和抽吸是关键,即疏浚器械头部采用类似吸尘器原理结构,以免扰动底泥,减低疏浚效果。疏浚作业最佳施工期宜为初冬至春末,太湖处于低水位期,湖面风浪较小,湖泊水体交换缓慢,沉积物基本处于相对静态,有利于高效施工。

#### 4.2 利用浮床陆生植物治理太湖典型富营养化水域

浮床陆生植物采用生物调控法,利用水上种植技术,在以富营养化为主体的污染水域水面种植粮食、蔬菜、花卉或绿色植物等各种适宜的陆生植物。在收获农产品,美化绿化水域景观的同时,通过根系的吸收和吸附作用,富集 N、P 等元素,降解、富集其它有害有毒物质,并以收获植物体的形式将其搬离水体,从而达到变废为宝、净化水质、保护水域的目的,它类似于陆域植物的种收办法,而不同于直接水面放养水葫芦等技术,开拓了水面经济作物种植的前景。

中国水稻研究所在人工模拟池、工厂氧化塘、鱼塘及太湖水系污染水域一系列的可行性和有效性研究基础上,在五里湖建立了 3 600 m<sup>2</sup> 独立于大水域水体的试验基地,并将其分为 4 个均等的 900 m<sup>2</sup> 试验小区,设计了 15%、30%、45% 三种不同的水上覆盖率的陆生植物处理区和空白对照区。试验取得了预期结果,其中 45% 处理区的水体、TP、NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、DO、pH 等水质指标均达到地表水 Ⅲ 类水质标准。其中美人蕉和旱伞草干物质产量分别达到 5 223.48 g/m<sup>2</sup> 和 7 560 g/m<sup>2</sup>,均较一般陆地种植增长 50% 以上,从而为大量吸收去除水体中的 N、P 元素以及其它有害物质,加速水质净化进程奠定了基础。

浮床陆生植物治理工程,植物体直接吸收水中营养物质,无须施肥。治理工程美化绿化水面效果好,已被环保、园林和旅游部门认可,采纳并予以推广。

#### 4.3 建立渔业生态工程,控制过度养殖,适度利用水体

太湖湖湾区湖水深 1.5~2.0 m,水生植物丰富,水动力条件稳定,适宜于鱼类和水生动物

繁衍和养殖。网围养殖,不占陆域,经济效益高,对开发湖泊大水面资源,促进渔业发展有积极作用。湖体养殖受制于湖体水生态系统的承载能力,应建立总量控制的渔业生态工程,在开发利用的同时,维护水资源的更殖再生。

以东太湖为例,东太湖 80% 以上外源 N、P 负荷来自西部大太湖的水流携入,目前大太湖日益发展的富营养已构成对东太湖的严重威胁。近年来,在市场利益强力驱动下,围网养殖规模无序快速扩大,养殖面积超过 3 300 hm<sup>2</sup> 以上,使得东太湖生态系统的外源营养负荷已高达 51.6 g/cm<sup>2</sup> a, P 3.95 g/cm<sup>2</sup> a 是全太湖平均外源营养负荷量的 4~5 倍,其中养殖给东太湖增加的 N、P 量已分别为外源负荷的 8.5% 和 12.7% 以上(图 2),大量外源性饵料投入,水生植物过渡繁殖和退化,鱼类动物正常新陈代谢过程中的排泄物等远远超过水生态系统的承载力和水体自净能力,草型富营养化程度加重,湖体 42.8% 已属中度沼泽化。当务之急应做好东太湖生态保护规划,有效控制过度养殖,重建草型湖泊良性生态循环。在规划指导下,依法压缩和控制养殖面积 1 000 hm<sup>2</sup>,推广精养经济价值高的鱼种和蟹类,控制水生植物无序繁衍,收割和更新高等水生植物种群,对养殖业和水生植物优化改造,控制环湖外源营养负荷的输入,疏浚湖体,调活水体,增加水体营养物输出,强化湖泊自身净化能力。

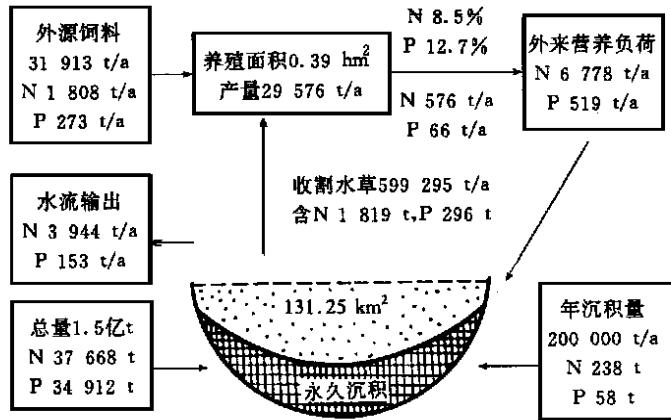


图 2 东太湖生态系统的营养流转途径

Fig. 2 Nutriment Cycle in East Tai Lake Ecosystem

#### 4.4 建立环湖湿地保护带,恢复和重建滨岸渔带水生植被,实现长效生态管理和调控

工程包括两大部分,一是湖岸湿地保护带工程,一是滨岸带高等水生植物恢复和调控工程。湿地和水生高等植物能起物理阻滞作用,消浪,促使沉积,降低沉积物的再悬浮,大量吸收水体和沉积物中的营养盐,改变水生网络结构,同时又有资源利用价值。该工程旨在沿湖岸水陆界面两侧分别建立起生态保护带,改善太湖滨岸带特有的自然景观。

在湖岸陆域区种植芦苇等湿地高等植物,经论证后将效益低下的渔池改为湿地带,建立第一防线。湖滨水深小于 1 m 水域,种挺水植物如芦苇、茭草等,大于 1 m 深的水域,种苦草、黑藻、马来眼子菜等,在城镇区沿湖或旅游区种植观赏性的莲藕等水生植物。

#### 4.5 藻类收集和资源化再利用

藻类收集是治标措施,在藻类爆发期,于太湖北部和西北部湖湾迎风面,利用专用藻类收集设备,收获藻类,以期一方面减轻取水口藻类富集危害,另一方面将藻类移出湖体,减轻湖体

营养盐负荷。据研究,新鲜蓝藻约含 N 2.8%,含 P 0.075%,收获 1 t 新鲜蓝藻,可从湖中取出 2.8 kg N,0.76 kg P。中国船舶研究中心已研究成集藻类采集和底泥疏浚于一体的专用船舶机械。藻类在农业、渔业、医疗和工业上都有利用前景,应抓紧研究开发。当前至少可制成藻粉作为农业肥料。

#### 4.6 强化流域管理和依法治湖

流域管理是一项复杂的系统工程,也是生态治理工程的核心组成。太湖是太湖流域的核心水体和水中枢,是流域性湖泊,应强化湖泊的流域管理,尽早改变目前湖体开发利用政出多门的无序管理状况。千军万马搞开发利用,污染治理千家万户讲没钱;防洪供水时太湖是命根,排污垃圾太湖又成贮积所。应尽快组建由流域机构和二省一市政府、环保、水利、城建、农业、航运、旅游等部门组成的太湖管理委员会,并授予相应管理、监督、协调的部分政府职能,切实把太湖的事管起来,制止太湖的无序开发。尽快由有关部门一起拟定太湖管理条例,做到开发有序,依法管理。流域机构和二省一市共同努力,做到防洪安全得到保障;水污染防治达到较高水平;水资源利用和水体开发科学、合理;资源配置和容量控制与经济发展相协调;管理、监督和调度实时化、自动化、数值化。

#### 参考文献:

- [1] 中国科学院南京地理与湖泊研究所. 太湖[J]. 北京:海洋出版社,1993.
- [2] 陈荷生,石建华. 太湖底泥的生态疏浚工程[J]. 水资源保护,1998,9(3):12~15.
- [3] 蔡启铭. 太湖生态环境研究(一)[M]. 北京:气象出版社,1998. 55~62.
- [4] 范成新. 太湖非点源污染负荷与对策研究[J]. 河海大学学报,1996,24(1):64~69.
- [5] 李文朝. 浅水湖泊生态系统的多稳态理论及其应用[J]. 湖泊科学,1997,(2):97~104.

## RESTORATION PROJECT OF THE ECOSYSTEM IN TAI LAKE

CHEN He-shen

(Taihu Basin Water Resources Protection Bureau, Shanghai 200434, China)

**Abstract:** Taihu basin is situated in the south of the Yangtze delta, which is one of the richest region in China and is very important for the economic development. Taihu Lake is the third largest freshwater lake in China and is an important drinking water source for the whole basin. In recent years, the water in the lake has to certain degree been polluted. The water quality has become worse, eutrophication much more serious. The water resources will then influence the sustainable development in the basin. Therefore, integrated controls should be strengthened in order to achieve a sustainable use of the water resources. Several measures should therefore be imposed as to restore the ecosystem in Tai Lake: 1) to dredge up the bottom mud in the polluted area of the lake; 2) to grow floating plants in the lake in order to absorb and degrade the nutrients; 3) to restore or rebuild vegetation in the littoral area; 5) to set up ecological fishery, to control over-culturing; 6) to collect algae and 7) to improve management.

**Key words:** Tai Lake; ecosystem; restoration project